Aus der Augenklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. H. Harms

# Beziehung des dynamographisch gemessenen Ophthalmicadruckes zum Brachialisdruck im Liegen und im Sitzen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Doris Richter
aus Freudenstadt

1969

Aus der Augenklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. H. Harms

# Beziehung des dynamographisch gemessenen Ophthalmicadruckes zum Brachialisdruck im Liegen und im Sitzen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Doris Richter
aus Freudenstadt

1969

Dekan: Professor Dr. med. W. Graumann

1. Berichterstatter: Professor Dr. med. H. Hager
2. Berichterstatter: Professor Dr. med. H. Harms

FOTODRUCK PRÄZIS Barbara v. Spangenberg KG • Tübingen

Meinen Eltern gewidmet

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Herrn Prof.Dr.Harms danke ich für die Erlaubnis, dass ich in seiner Klinik arbeiten durfte.

Herrn Prof.Dr.Hager danke ich für die Überlassung des Themas. Für seine Anleitung und Unterstützung bei der Ausführung der Arbeit bin ich ihm besonders verpflichtet.

## Inhaltsverzeichnis


| | | Seite |
|---|---|---|
| I. | Einleitung und Aufgabenstellung . . . | 1 |
| II. | Untersuchter Personenkreis . . . . . | 2 |
| III. | Untersuchungsgang . . . . . | 4 |
| IV. | Darstellung der Ergebnisse . . . . . | 5 |
| V. | Auswertung und Beurteilung der Ergebnisse . . . . . | 7 |
| VI. | Zusammenfassung . . . . . | 11 |
| | Tabellen . . . . . | 12 |
| | Abbildungen . . . . . | 17 |
| | Literaturverzeichnis . . . . . | 35 |

## I. Einleitung und Aufgabenstellung

Die objektive, unblutige Bestimmung des Blutdruckes und des Pulsationsvolumens an einem Hirngefäß, nämlich der Art. ophthalmica, gelang auf einfache Weise erstmalig HAGER mit seiner Methode der Ophthalmodynamographie. Die Art. ophthalmica, ein Ast der Art.carotis interna, verlässt den knöchernen Schädel durch den Canalis opticus, um in die Orbita einzutreten. Mit der Ophthalmodynamographie besteht die Möglichkeit, die Pulsationen dieses Gefäßes oszillographisch aufzuzeichnen. Aus den hier erhaltenen Ergebnissen kann auf die Kreislaufverhältnisse in den entsprechend großen Arterien des Gehirns geschlossen werden. Eine Beschreibung der Untersuchungsmethode liegt von HAGER in "Die Ophthalmodynamographie als Methode zur Beurteilung des Gehirnkreislaufes" vor.

Von LINK, SCHOCK und HORCH wurden bereits Untersuchungen zur Aufstellung von Normwerten des dynamographisch gemessenen Ophthalmicadruckes durchgeführt. Diese Ergebnisse wurden bei konstanter Körperlage, nämlich im Sitzen, gewonnen. Außerdem wurden diese Untersuchungen noch mit der alten Gurtanlage durchgeführt, die infolge Dehnung der Leinengurt keine so exakte Ergebnisse möglich machte, wie die neue Stahlbandanlage. Mit dieser neuen Stahlbandanlage, bei der ein konstanter Anlagedruck von 2,5 bis 3,0 kg eingestellt wurde, sollten erneut Normwerte aufgestellt werden.

Es wurde mir zudem die Aufgabe gestellt, das Verhalten des Brachialis- und Ophthalmicablutdruckes bei Änderung der Körperlage festzustellen. Dabei sollte geprüft werden, ob der eventuell eintretende Abfall des Ophthalmicadruckes bei Änderung der Körperlage vom Liegen zum Sitzen, auf

einer rein hydrostatischen Ursache beruht, oder ob Gegenregulationen in Kraft treten, die diesen Abfall abschwächen oder verhindern können.

## II. Untersuchter Personenkreis

Die Untersuchungen wurden an 165 Augen bei Patienten der Univ.-Augenklinik Tübingen durchgeführt. 17 Untersuchungsergebnisse mussten ausgeschieden werden, da infolge einer Unruhe der Patienten keine exakt auswertbaren Ophthalmodynamogramme gewonnen werden konnten. Das Alter der Patienten lag zwischen 13 und 82 Jahren. Die Verteilung innerhalb dieses Altersbereiches ist in Tab. 1 dargestellt.

Es handelte sich vorwiegend um Patienten, die von der Poliklinik und Klinik routinemässig zur ophthalmodynamographischen Untersuchung geschickt wurden. Ein Teil dieser Patienten klagte über orthostatische Beschwerden wie Schwindelgefühl, Flimmern und Schwarzwerden vor den Augen, Leeregefühl oder Kopfschmerzen. Die Angaben dieser Pat ienten waren aber in vielen Fällen äußerst unsicher zu beurteilen bzw. gegenüber den Angaben der anderen Patienten schwer abzugrenzen. Wir verzichteten daher darauf, nach den anamnestischen, d.h. subjektiven Angaben der Patienten eine Gliederung vorzunehmen, sondern unterteilten in relative cerebrale Normo-, Hyper- und Hypotoniker nach den von HORCH angegebenen Kriterien. Alle Patienten, bei denen im Liegen eine Abweichung des Ophthalmicadruckes vom Brachialisdruck systolisch um + 9 mm Hg oder mehr und diastolisch um + 4 mm Hg oder mehr bestand, wurden als cerebrale Hypertoniker eingeordnet. Diejenigen Fälle, bei denen der Ophthalmicadruck im Vergleich zum Oberarmblutdruck systolisch um - 12 mm Hg oder mehr, sowie diastolisch um - 7 mm Hg oder mehr tiefer lag, wurden als

cerebrale Hypotoniker eingereiht. Insgesamt ergaben sich nach dieser Einteilung:

74 Untersuchungen bei relativer cerebraler Normotonie
47 Untersuchungen bei relativer cerebraler Hypertonie
27 Untersuchungen bei relativer cerebraler Hypotonie

Wie aus den folgenden Koordinatensystemen ersichtlich sein wird, sind die Ausdrücke relative cerebrale Normotonie, Hypertonie und Hypotonie nicht gleichbedeutend mit einer echten Normotonie, Hypertonie und Hypotonie. Sie besagen nur, dass der cerebrale Blutdruck im Vergleich zum Oberarmblutdruck gleich hoch = "normoton", höher = hyperton oder niedriger = hypoton ist.

In einer anderen Dissertation (KÖHLER), in der das gleiche Krankengut nach anderen Gesichtspunkten ausgewertet werden soll, ist die gleiche Auswertung, wie die hier gemachte, mit der üblichen, allein nach dem Brachialisdruck sich richtenden Einteilung in Normotonie, Hyper- und Hypotonie durchgeführt.

---

Tabelle 1

A l t e r s v e r t e i l u n g

| Lebensalter in Jahren | Zahl der Fälle |
|---|---|
| 10 - 19 | 7 |
| 20 - 29 | 27 |
| 30 - 39 | 21 |
| 40 - 49 | 31 |
| 50 - 59 | 30 |
| 60 - 69 | 19 |
| 70 - 79 | 11 |
| 80 - 89 | 2 |

## III. Untersuchungsgang

Die Untersuchung wurde auf einem Untersuchungsstuhl vorgenommen, bei dem die Rückenlehne aus der horizontalen in die vertikale Lage gebracht werden konnte. Die Patienten lagen bei der Messung im Liegen waagerecht, d.h. die Augenpulskapsel und die Oberarmblutdruckmanschette waren in gleicher Höhe. Zunächst wurde das Körperschallmikrophon an einer Ellenbeuge unterhalb des distalen Manschettenrandes angebracht und durch Registrierung der Korotkoff-Geräusche der Ruheblutdruck bestimmt. Darauf folgte derselbe Vorgang am anderen Arm, um eventuelle Blutdruckdifferenzen zwischen den beiden Armen festzustellen. Stimmten beide Werte überein, so wurden zuerst am rechten Auge die Ophthalmicapulsationen synchron mit dem Blutdruck des rechten Oberarmes im Liegen registriert. Anschließend brachten wir den Patienten, ohne die Augenpulskapsel zu entfernen, vom Liegen ins Sitzen. Der Patient selbst musste sich an diesem Vorgang nicht aktiv beteiligen. Dadurch wurde erreicht, daß die "Muskelpumpe" bei der Regulation des Kreislaufes weitgehend ausgeschaltet blieb. Zwischen dem Aufsetzen und der Registrierung des Ophthalmodynamogrammes verging knapp eine Minute. Es wurden also sofort nach Änderung der Körperhaltung die Blutdruckgrößen im Sitzen erfasst. Nach Ableitung des Ophthalmodynamogrammes dieser Körperseite brachten wir den Patienten wieder in die horizontale Lage. Danach wurde der Oberarmblutdruck im Abstand von 2 Minuten registriert und abgewartet, bis sein Ausgangswert wieder annähernd erreicht war. Anschließend erfolgte dieselbe Messung im Liegen und im Sitzen auf der anderen Seite. Insgesamt dauerte ein Untersuchungsgang ungefähr 20 Minuten.

Im Sitzen wurde der Abstand von der Meßstelle am Auge zur Mitte der Oberarmblutdruckmanschette festgestellt, um den Einfluss der durch die Hydrostatik bedingten Blutdruckveränderung beurteilen zu können. Die Höhendifferenz zwischen

Liegen und Sitzen betrug durchschnittlich 31 cm, so daß auf Grund des hydrostatischen Druckgefälles ein Druckabfall von 22,78 mm Hg zu erwarten gewesen wäre.

## IV. Darstellung der Ergebnisse

### 1. In Koordinatensystemen:

Die Blutdruckwerte wurden in ein Koordinatensystem eingetragen, der Oberarmblutdruck auf der x-Achse, der Ophthalmicadruck auf der y-Achse. Hierbei ergaben sich 14 Aufstellungen:

A. Relative c e r e b r a l e N o r m o t o n i e

1. im Liegen systolisch (Abb. 1)
2. im Liegen diastolisch (Abb. 2)
3. im Sitzen systolisch (Abb. 3)
4. im Sitzen diastolisch (Abb. 4)

B. Relative c e r e b r a l e H y p e r t o n i e

1. im Liegen systolisch (Abb. 5)
2. im Liegen diastolisch (Abb. 6)
3. im Sitzen systolisch (Abb. 7)
4. im Sitzen diastolisch (Abb. 8)

C. Relative c e r e b r a l e H y p o t o n i e

1. im Liegen systolisch (Abb. 9)
2. im Liegen diastolisch (Abb.10)
3. im Sitzen systolisch (Abb.11)
4. im Sitzen diastolisch (Abb.12)

D. G e s a m t d a r s t e l l u n g

1. im Liegen systolisch + diastolisch (Abb.13)
2. im Sitzen systolisch + diastolisch (Abb.14)

Da sich bei diesen Aufstellungen die einzelnen Meßwerte im Koordinatensystem bandförmig darstellten, durften jeweils Regressionsgeraden errechnet werden. Der durch

ein großes Kreuz in der Punktwolke dargestellte Schwerpunkt bedeutet den Mittelwert $\bar{x}/\bar{y}$ aller Einzelwerte $x_i/y_i$. Durch diesen Schwerpunkt verläuft die errechnete Regressionsgerade. Der jeweilige Streubereich, in dem sich die Steigung (b) der Regressionsgeraden ($y = bx + a$) mit 95 % Wahrscheinlichkeit bewegt, wurde ebenfalls errechnet und die Werte dafür ($S_b$) in Tab. 2, 3, 4 und 5 eingetragen.

Um den Zusammenhang zwischen den beiden Blutdruckwerten (Ophthalmicadruck - Brachialisdruck) nach statistischen Gesichtspunkten beurteilen zu können, wurde für jede Aufstellung der Korrelationskoeffizient (r) nach PEARSON - BRAVAIS bestimmt.

Die Streuung ist ein Maß für die durchschnittliche Abweichung der einzelnen Meßwerte von der Regressionsgeraden. Der einfache Wert der Streuung ($S_u$) gibt an, dass 68 % der Fälle innerhalb dieses Bereiches liegen. Innerhalb des doppelten Wertes der Streuung ($2S_u$) liegen 95 % der Fälle.

2. In Säulenform:

Für diese graphische Darstellung in Säulenform wurde die Veränderung des Ophthalmicadruckes im Vergleich zum Brachialisdruck bei Änderung der Körperhaltung vom Liegen zum Sitzen berechnet. Hierzu bestimmten wir die Differenz zwischen Ophthalmica- und Brachialisdruck sowohl im Liegen als auch im Sitzen. Diese beiden Differenzen wurden voneinander abgezogen. Lag z.B. der Ophthalmicadruck im Liegen 5 mm Hg höher und im Sitzen 20 mm Hg tiefer als der jeweilige Oberarmblutdruck, so ergab sich ein Wert von 25 mm Hg. Um positive Zahlen zu erhalten, wurde immer der x-Wert (Brachialisdruck) vom y-Wert (Ophthalmicadruck) abgezogen.

$(P_{ophth} - P_{brach})$ im Liegen (L) $- (P_{ophth} - P_{brach})$ im Sitzen (S) = Differenz (d)

$$(y_L - x_L) - (y_S - x_S) = d$$

Diese Berechnung wurde für die systolischen und diastolischen Blutdruckwerte getrennt durchgeführt. Für alle drei Gruppen (relative cerebrale Normo-, Hyper- und Hypotoniker) wurde jeweils der Mittelwert $\bar{d}$, der mittlere Fehler des Mittelwertes $S_{\bar{d}}$ und der mittlere Fehler der Einzelwerte $S_1$ bestimmt.

Die Werte für den Druckabfall (d) wurden in Gruppen mit einem Bereich von 5 mm Hg eingeteilt. Die Anzahl der in jeder Gruppe vorhandenen Werte wurden als Säulen dargestellt (Abb. 15a, 15 b; 16a, 16b; 17a, 17b).

## V. Auswertung und Beurteilung der Ergebnisse

Die Werte, die sich bei der statistischen Berechnung für cerebrale Normo-, Hyper- und Hypotonie ergaben, sind in den Tabellen 2, 3 und 4 zusammengefasst.

Bei allen Aufstellungen ergaben sich für den Korrelationskoeffizienten (r) hohe Werte, so dass eine geradlinige Beziehung zwischen Brachialisdruck und Ophthalmicadruck als statistisch gesichert angesehen werden kann.

Die Werte für die Streuung ($S_u$) liegen bei cerebraler Normo- und Hypertonie bei den Untersuchungen im Sitzen wesentlich höher als im Liegen, was auf eine individuell sehr unterschiedliche Reaktion des Kreislaufes nach Veränderung der Körperlage schließen lässt. Bei Hypotonie sind dagegen die Werte für die Streuung sogar im Sitzen etwas kleiner als im Liegen. Dies könnte einerseits bei der kleinen Anzahl der Fälle zufallsbedingt sein, andererseits könnte die geringe

Streuung das Ergebnis einer gleichsinnig verlaufenden, guten Regulation sein, die zur Aufrechterhaltung der Hirndurchblutung bei Hypotonie notwendig ist.

Ein Vergleich der Mittelwerte des Brachialisdruckes ($\bar{x}$) zwischen Liegen und Sitzen ergibt sowohl systolisch als auch diastolisch immer höhere Werte im Sitzen. Beim entsprechenden Vergleich von $\bar{y}$ (Mittelwerte des Ophthalmicadruckes) ist ein Abfall der Werte zu finden. Zur genauen Berechnung des Blutdruckabfalls wurden die Einzelwerte herangezogen und nach der Formel

$(y_L - x_L) - (y_S - x_S) = d$, wie schon auf Seite 7 erwähnt, der Druckabfall d bestimmt. Dabei ergaben sich die in Tab. 6 dargestellten Werte.

Der durchschnittliche Blutdruckabfall beträgt bei Normotonie systolisch 14,51 mm Hg und diastolisch 13,91 mm Hg. Nach Aufsitzen sinkt also sowohl systolisch als auch diastolisch der Ophthalmicablutdruck nahezu gleich stark ab. Bei den Patienten mit relativer cerebraler Hypertonie ist der Abfall des diastolischen Druckes im Mittel mit 1,60 mm Hg, bei Hypotonie mit 2,03 mm Hg geringer als der des systolischen. Er sinkt systolisch um 20,64 mm Hg und diastolisch um 19,04 mm Hg, also im Vergleich mit den andern Gruppen am stärksten ab. Er erreicht somit sowohl systolisch als auch diastolisch fast den Wert von 22,78 mmHg, welcher durch die Wirksamkeit der Hydrostatik zu erwarten wäre. Da jedoch die doppelte Streuung sehr groß ist (systolisch $\pm$ 24,5 mm Hg, diastolisch $\pm$ 19,9 mm Hg), ist eine einheitliche Gesetzmässigkeit, also auch das Gesetz der Hydrostatik, als Ursache nicht wahrscheinlich. Der starke, individuell sehr unterschiedlich ausgeprägte Blutdruckabfall bei dieser Gruppe könnte durch Faktoren, wie Elastizitätsverlust der Gefäße, veränderte Ansprechbarkeit der Gefäßwand auf physiologische Reize, schlechte Anpassungsfähigkeit des Herzens an Anforderungen, oder auch

abnorme cerebrale Regulationsmechanismen bedingt sein. Auch bei Normo- und Hypotonikern müssen die obengenannten Faktoren als potentiell mitbestimmend für die Größe des Blutdruckabfalls angesehen werden.

Ziel der Kreislaufregulation bei Änderung der Körperlage ist die Erhaltung einer ausreichenden Gewebsdurchblutung (SCHELLONG). Tonusabnahme in der A. carotis soll eine Zunahme des Gefäßwiderstandes im übrigen Körpergebiet bewirken, also eine Verengung peripherer Gefäßgebiete, um den arteriellen Druck im Gehirn konstant zu halten. Als gute Regulation bezeichnet SCHELLONG, wenn der periphere Blutdruck systolisch etwas ansteigt, gleich bleibt oder um 5 - 10 mm Hg, höchstens um 15 mm Hg abfällt. Der diastolische Druck soll dabei gleich bleiben oder nur wenig ansteigen. Der Anstieg wird durch die Verengung des Gefäßquerschnittes in der Peripherie erklärt. Diese kompensatorische Verengung findet wahrscheinlich normalerweise in den Arterien des Gehirns nicht statt, da die Schwelle für den Kontraktionsreiz zehnfach höher liegen soll als in peripheren Gefäßen (BERNSMEIER).

Als BAYLISS-Effekt bezeichnet man die direkte Anpassung des Gefäßtonus an die Druckänderung im Inneren der Arterie. Auf die Hirndurchblutung bezogen, würde dies bedeuten, dass sich bei Blutdruckabfall die Gehirngefäße erweitern, um bei den veränderten statischen Verhältnissen die Hirndurchblutung aufrechtzuerhalten.

Es war zu prüfen, ob bei Lageänderung des Körpers - hier bei Aufsitzen - der eingetretene Blutdruckabfall in der A. ophthalmica auf rein hydrostatischer Ursache beruht, oder ob sich Gegenregulationen etwa im Sinne des Bayliss-Effektes bemerkbar machen.

Experimentelle Untersuchungen an der Giraffe, die keinen Carotissinus besitzen soll, haben ergeben, dass die Blutdruckänderung, die bei Haltungswechsel eintritt, nicht dem

Druck der abgemessenen Flüssigkeitssäule zwischen Herz und Gehirn entspricht (Robert L. VAN CITTERS u.a.).

Die Veränderung des Blutdruckes lässt sich also wahrscheinlich auch bei der Giraffe nicht allein mit der Hydrostatik erklären.

Wenn der durchschnittliche Blutdruckabfall, der sich bei den Berechnungen ergeben hat, auf rein hydrostatische Ursache zurückzuführen wäre, so müsste dieser bei einer durchschnittlichen Höhendifferenz (Auge-Oberarm) von 31 cm, einem Druckabfall von 22,78 mm Hg entsprechen. Die Werte für den mittleren Blutdruckabfall liegen tatsächlich alle unter diesem Wert, so dass Regulationsmechanismen angenommen werden müssen. Mit Sicherheit kann nach dem Ergebnis unserer Untersuchungen nur gesagt werden, daß die Hydrostatik nicht allein verantwortlich ist für die Größe des Blutdruckabfalls im Gehirn.

Da der Ophthalmicadruck systolisch und diastolisch abfällt, während der Brachialisdruck systolisch und diastolisch ansteigt, ist anzunehmen, dass es sich um eine Regulation im Sinne des BAYLISS-Effektes handelt. Während sich also die Gefäße der Peripherie infolge Verlagerung des Blutes unter dem Einfluss der Schwerkraft verengen, ist für die Gehirngefäße eher eine Erweiterung anzunehmen, um die cerebrale Durchblutung trotz Abfall des arteriellen Druckes zu gewährleisten.

## VI. Zusammenfassung

Um die Beziehung des Ophthalmicadruckes zum Brachialisdruck im Liegen und im Sitzen aufzustellen, wurden die Ergebnisse von 148 Ophthalmodynamogrammen ausgewertet. Dabei wurden die Werte für den Ophthalmicadruck und den Brachialisdruck in synchroner Messung, sowohl in liegender als auch in sitzender Körperhaltung, ermittelt. Die Einteilung des Untersuchungsgutes in relative cerebrale Normo-, Hyper- und Hypotoniker wurde nach den von HORCH bestimmten Kriterien vorgenommen.

Die Ergebnisse wurden in Koordinatensystemen dargestellt und zur Beurteilung des statistischen Zusammenhanges jeweils die Regressionsgerade ($y = bx + a$), die Streubereiche ($S_u$) und der Korrelationskoeffizient (r) errechnet.

Bei allen Aufstellungen ergab sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang.

Die Werte für die Streuung liegen bei allen Berechnungen etwas hoch, was sich darauf zurückführen lässt, dass die Personen zu den Untersuchungen nicht nach bestimmten Gesichtspunkten ausgewählt wurden, und die Anzahl der Untersuchungen pro Gruppe relativ gering ist.

Zur Beurteilung des Einflusses der Hydrostatik auf den cerebralen Blutdruck wurde der durchschnittliche Druckabfall ($\bar{d}$) berechnet und mit demjenigen verglichen, der nach dem Gesetz der Hydrostatik zu erwarten gewesen wäre.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Hydrostatik wahrscheinlich nicht allein die Größe des Blutdruckabfalles bestimmt.

| Relative cerebrale Normotonie | im Liegen systolisch | im Liegen diastolisch | im Sitzen systolisch | im Sitzen diastolisch |
|---|---|---|---|---|
| Regressionsgerade $y = bx + a$ | $y = 1{,}013x - 3{,}69$ | $y = 0{,}865x + 10{,}74$ | $y = 1{,}105x - 30{,}66$ | $y = 0{,}975x - 11{,}59$ |
| Streuung der Regressionsgeraden $S_b$ | $\pm$ 0,045 | $\pm$ 0,142 | $\pm$ 0,090 | $\pm$ 0,125 |
| Korrelationskoeffizient $r$ | $r = 0{,}980$ | $r = 0{,}798$ | $r = 0{,}924$ | $r = 0{,}846$ |
| Streuung $S_u$ | 4,7 | 6,95 | 10,96 | 7,55 |
| $2\ S_u$ | 9,4 | 13,90 | 21,92 | 15,10 |
| $\bar{x}$ | 136,63 | 83,32 | 141,08 | 90,01 |
| $\bar{y}$ | 134,77 | 82,79 | 125,32 | 75,77 |

Tabelle 2

| Relative cerebrale Hypertonie | im Liegen systolisch | im Liegen diastolisch | im Sitzen systolisch | im Sitzen diastolisch |
|---|---|---|---|---|
| Regressionsgerade $y = bx + a$ | $y = 1{,}062x - 1{,}14$ | $y = 0{,}713x + 31{,}4$ | $y = 0{,}906x + 1{,}12$ | $y = 0{,}589x + 26{,}04$ |
| Streuung der Regressionsgeraden $S_b$ | $\pm$ 0,109 | $\pm$ 0,161 | $\pm$ 0,178 | $\pm$ 0,238 |
| Korrelationskoeffizient $r$ | $r = 0{,}932$ | $r = 0{,}845$ | $r = 0{,}817$ | $r = 0{,}606$ |
| Streuung $S_u$ | 9,37 | 5,51 | 14,46 | 8,46 |
| $2\ S_u$ | 18,74 | 11,02 | 28,92 | 16,92 |
| $\bar{x}$ | 142,42 | 82,81 | 145,78 | 91,27 |
| $\bar{y}$ | 150,17 | 90,43 | 133,27 | 79,76 |

Tabelle 3

| Relative cerebrale Hypotonie | im Liegen systolisch | im Liegen diastolisch | im Sitzen systolisch | im Sitzen diastolisch |
|---|---|---|---|---|
| Regressionsgerade y = bx + a | y= 1,167x - 36,0 | y= 0,598x + 27,69 | y= 1,027x - 32,04 | y= 0,591x + 16,07 |
| Streuung der Regressionsgeraden $S_b$ | $\pm$ 0,125 | $\pm$ 0,317 | $\pm$ 0,123 | $\pm$ 0,261 |
| Korrelationskoeffizient r | r = 0,953 | r = 0,637 | r = 0,954 | r = 0,774 |
| Streuung $S_u$ | 6,65 | 7,82 | 6,49 | 5,78 |
| 2 $S_u$ | 13,30 | 15,64 | 12,98 | 11,56 |
| $\bar{x}$ | 142,37 | 81,44 | 145,59 | 86,81 |
| $\bar{y}$ | 130,14 | 76,40 | 117,55 | 67,40 |

Tabelle 4

| Gesamtdarstellung systolisch + diastolisch | im L i e g e n | im S i t z e n |
|---|---|---|
| Regressionsgerade $y = bx + a$ | $y = 0{,}869\ x + 14{,}78$ | $y = 0{,}961\ x - 11{,}15$ |
| Streuung der Regressionsgeraden $S_b$ | $\pm$ 0,475 | $\pm$ 0,382 |
| Korrelationskoeffizient r | r = 0,910 | r = 0,943 |
| Streuung $S_u$ | 14,1 | 11,04 |
| $2\ S_u$ | 28,2 | 22,08 |
| $\bar{x}$ | 111,14 | 116,61 |
| $\bar{y}$ | 111,43 | 100,97 |

Tabelle 5

| Blutdruck-abfall bei: | $\bar{d}$ = Mittelwert des Blutdruck-abfalls | | $S_{\bar{d}}$ | | $2\,S_1$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | systolisch | diastolisch | systolisch | diastolisch | systolisch | diastolisch |
| Normotonie | 14,51 | 13,91 | 1,07 | 0,83 | 18,40 | 14,20 |
| Hypertonie | 20,64 | 19,04 | 1,78 | 1,45 | 24,50 | 19,90 |
| Hypotonie | 15,81 | 13,78 | 1,57 | 1,28 | 16,36 | 13,30 |
| Gesamt-darstellung | 16,69 | 15,51 | 0,86 | 0,69 | 20,96 | 16,84 |

Tabelle 6

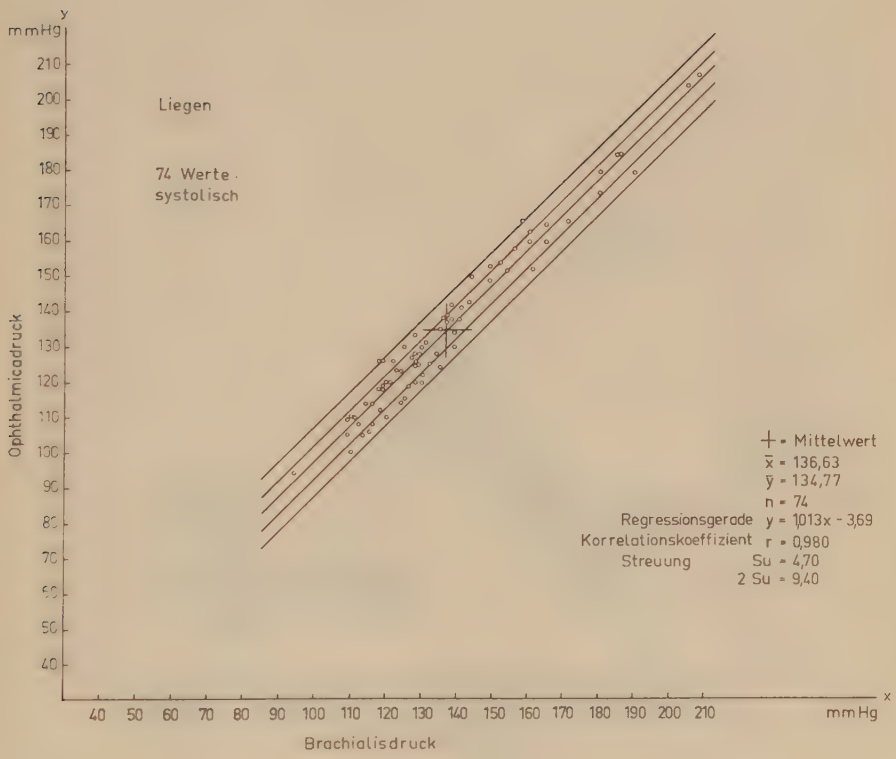


Abb. 1 Systolische Blutdruckwerte (liegend) bei relativer cerebraler Normotonie

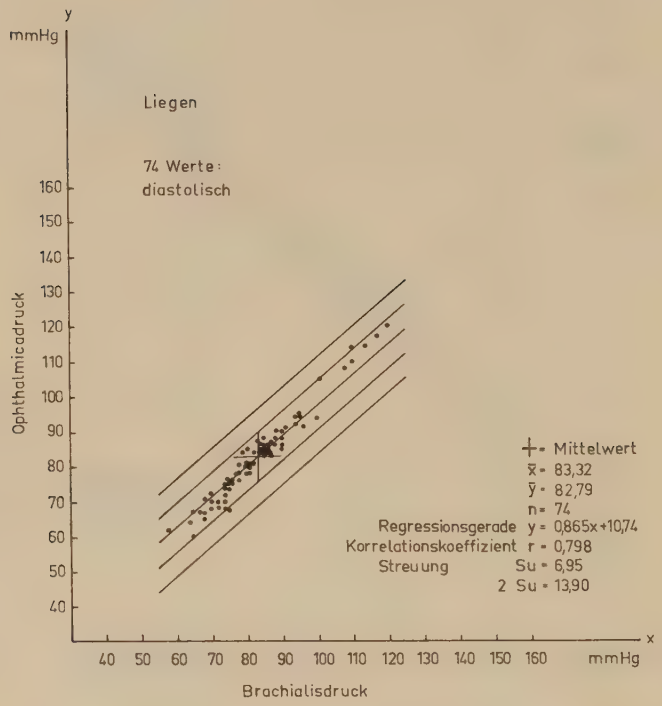


Abb. 2 Diastolische Blutdruckwerte (liegend) bei relativer cerebraler Normotonie

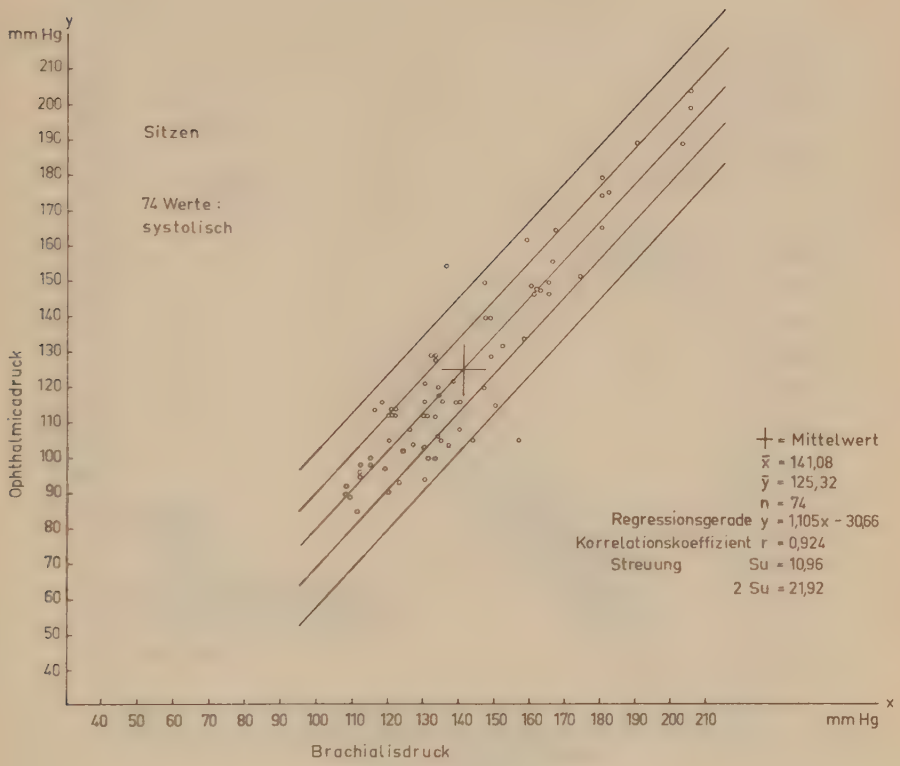


Abb. 3 Systolische Blutdruckwerte (sitzend) bei relativer cerebraler Normotonie

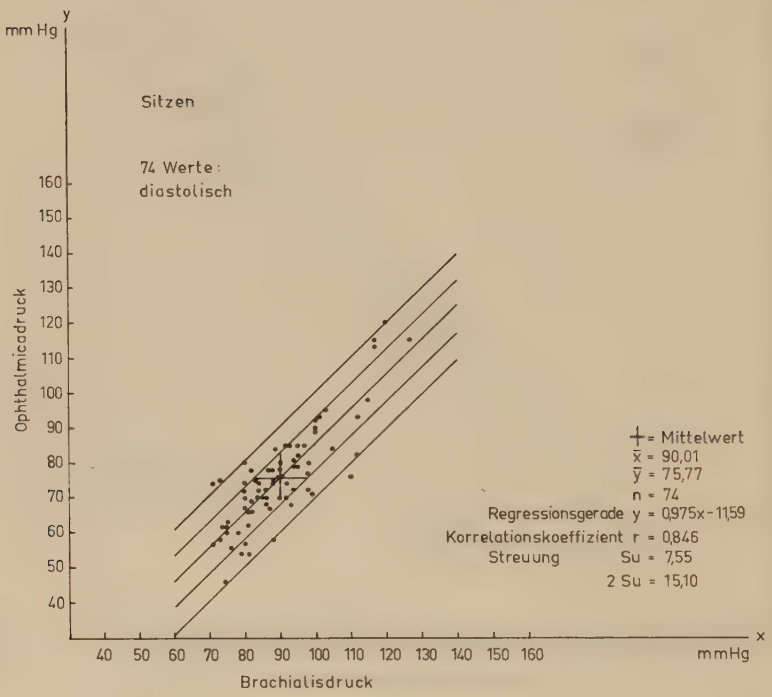


Abb. 4 Diastolische Blutdruckwerte (sitzend) bei relativer cerebraler Normotonie

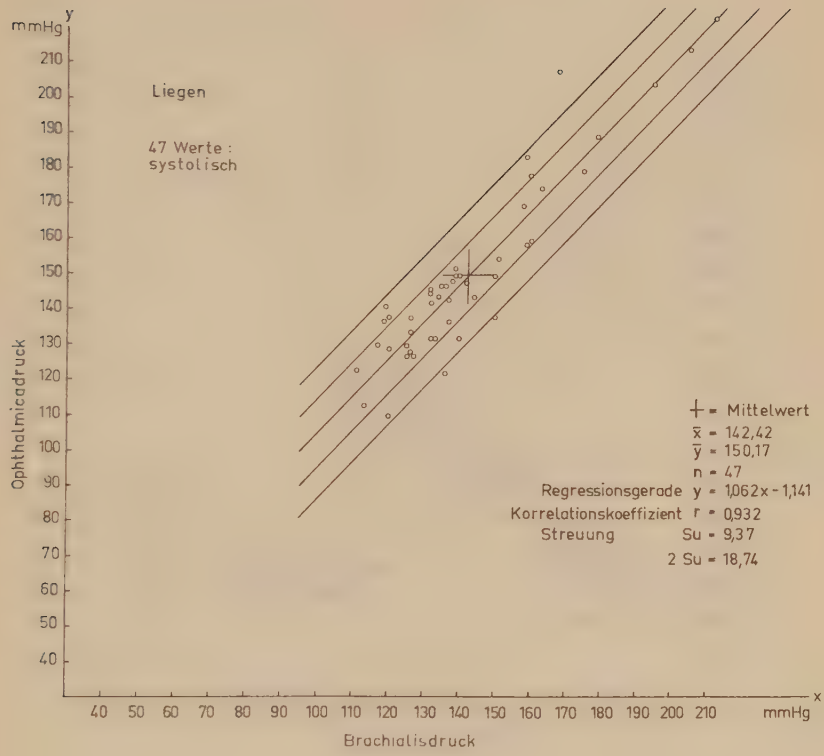


Abb. 5 Systolische Blutdruckwerte (liegend) bei relativer cerebraler Hypertonie

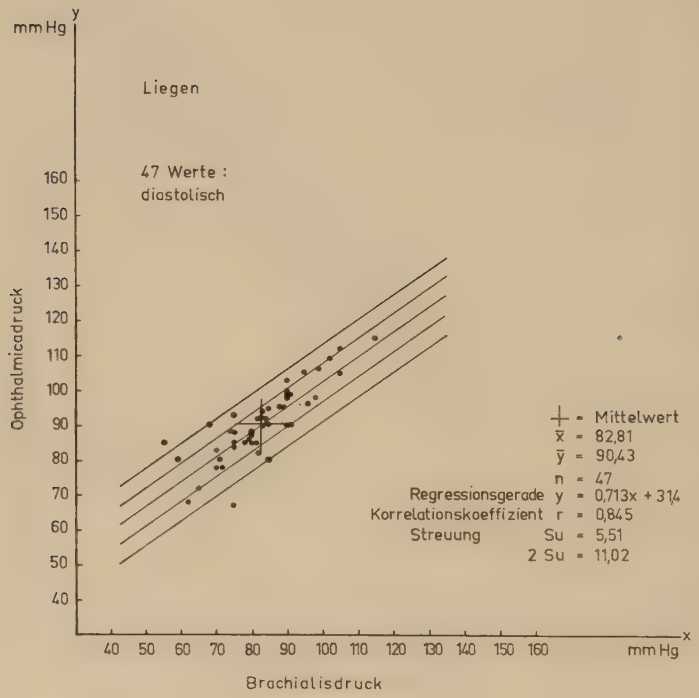


Abb. 6 Diastolische Blutdruckwerte (liegend) bei relativer cerebraler Hypertonie

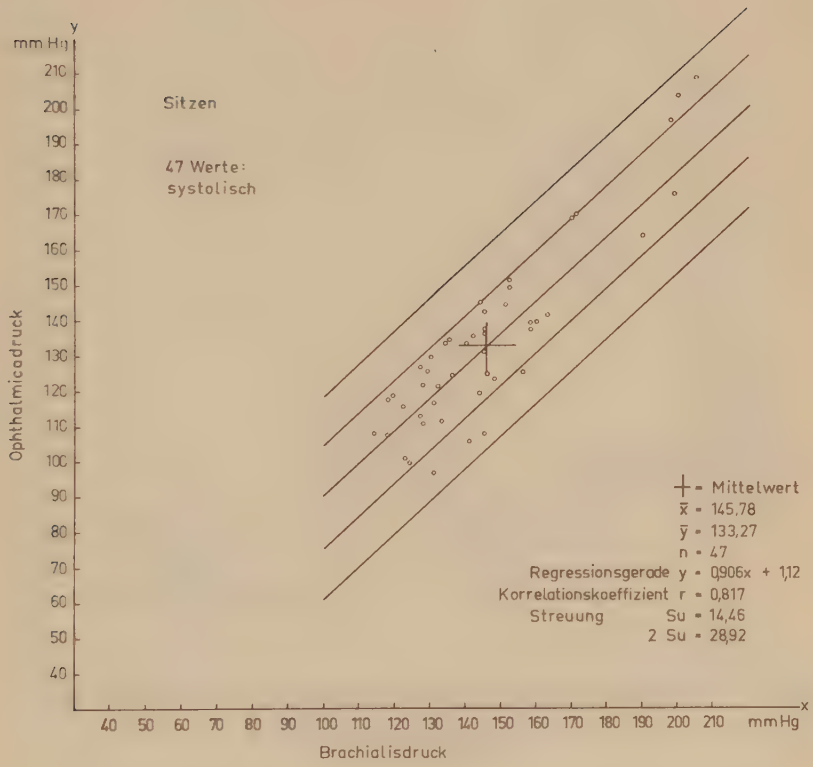


Abb. 7 Systolische Blutdruckwerte (sitzend) bei relativer cerebraler Hypertonie

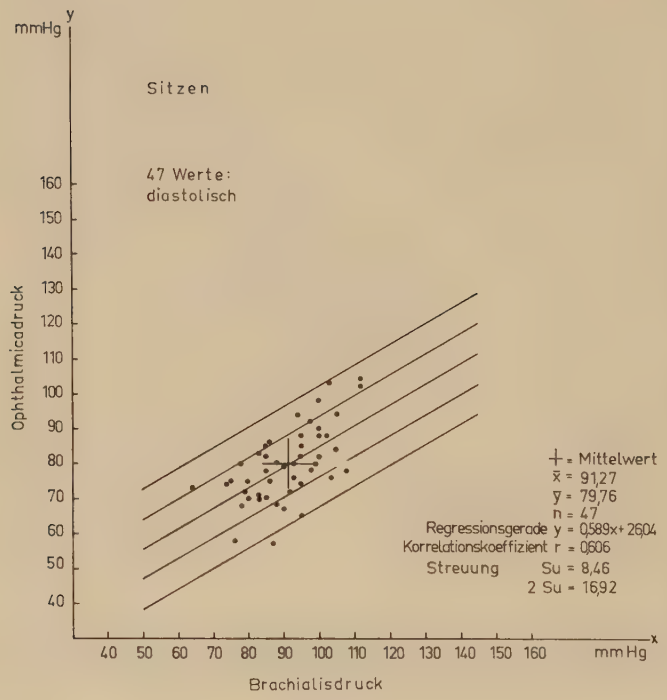


Abb. 8 Diastolische Blutdruckwerte (sitzend) bei relativer cerebraler Hypertonie

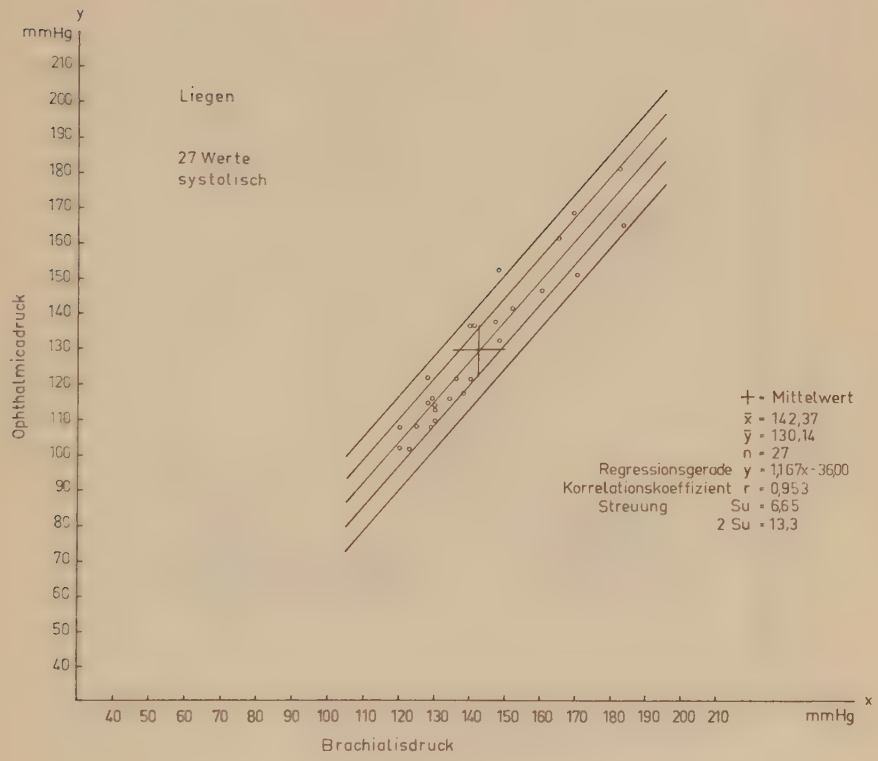


Abb. 9 Systolische Blutdruckwerte (liegend) bei relativer cerebraler Hypotonie

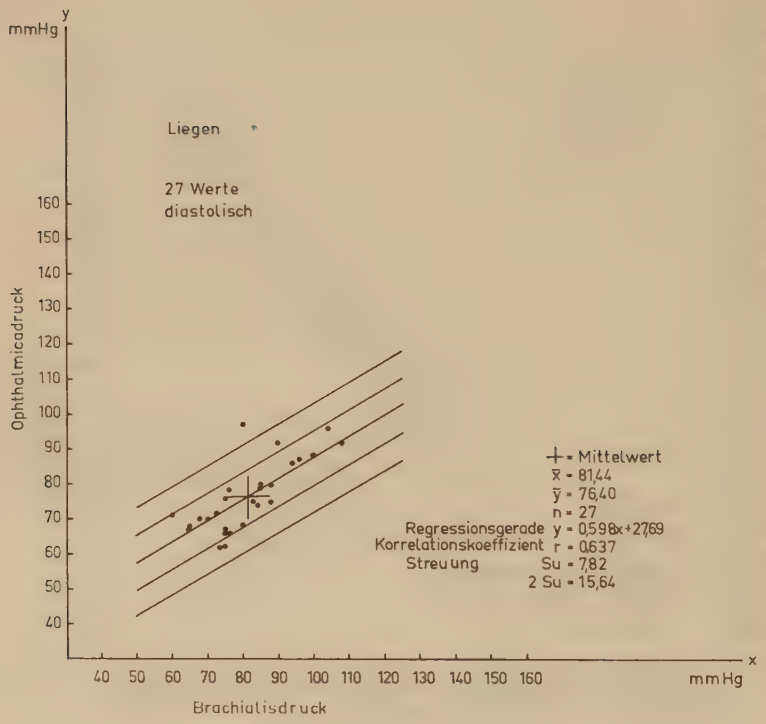


Abb. 10 Diastolische Blutdruckwerte (liegend) bei relativer cerebraler Hypotonie

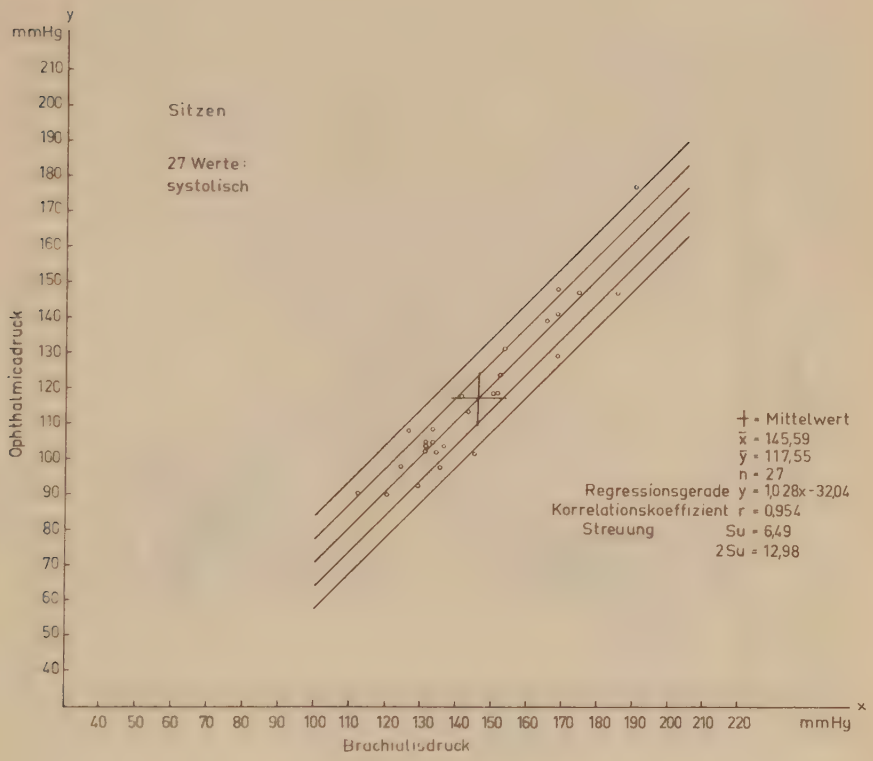


Abb. 11 Systolische Blutdruckwerte (sitzend) bei relativer cerebraler Hypotonie

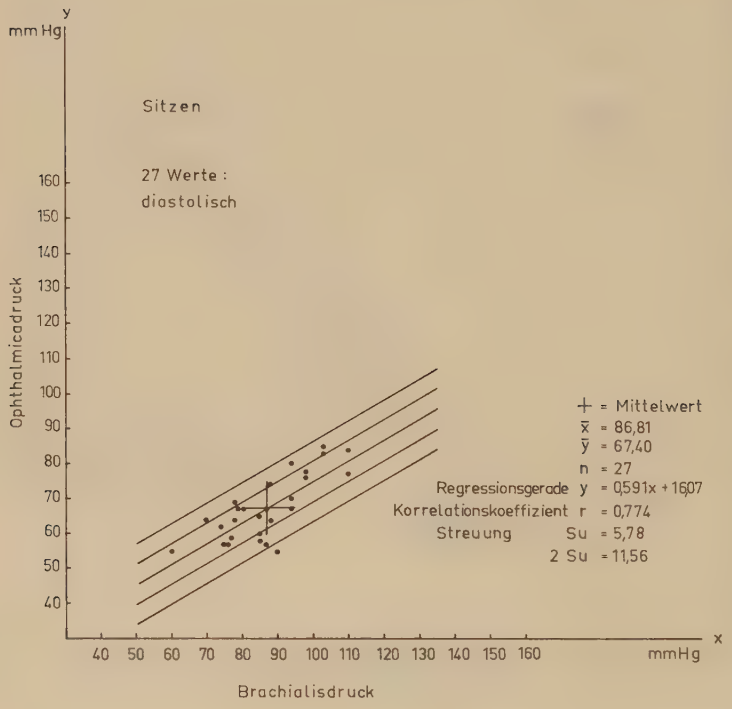


Abb. 12 Diastolische Blutdruckwerte (sitzend) bei relativer cerebraler Hypotonie

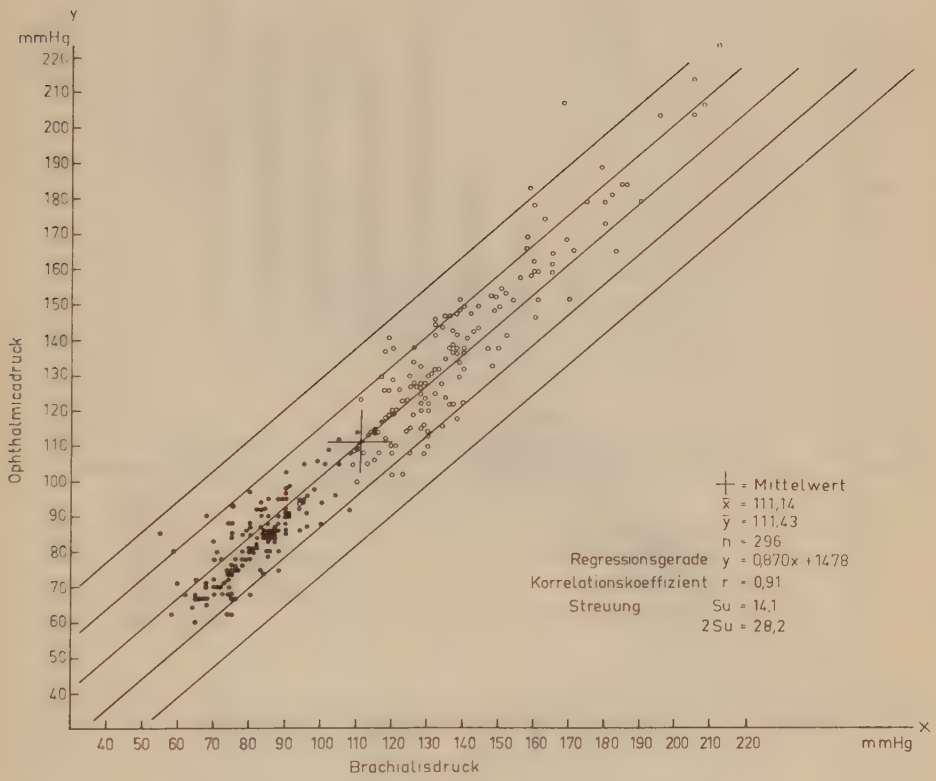


Abb. 13 Gemeinsame Darstellung der systolischen und diastolischen Blutdruckwerte im Liegen

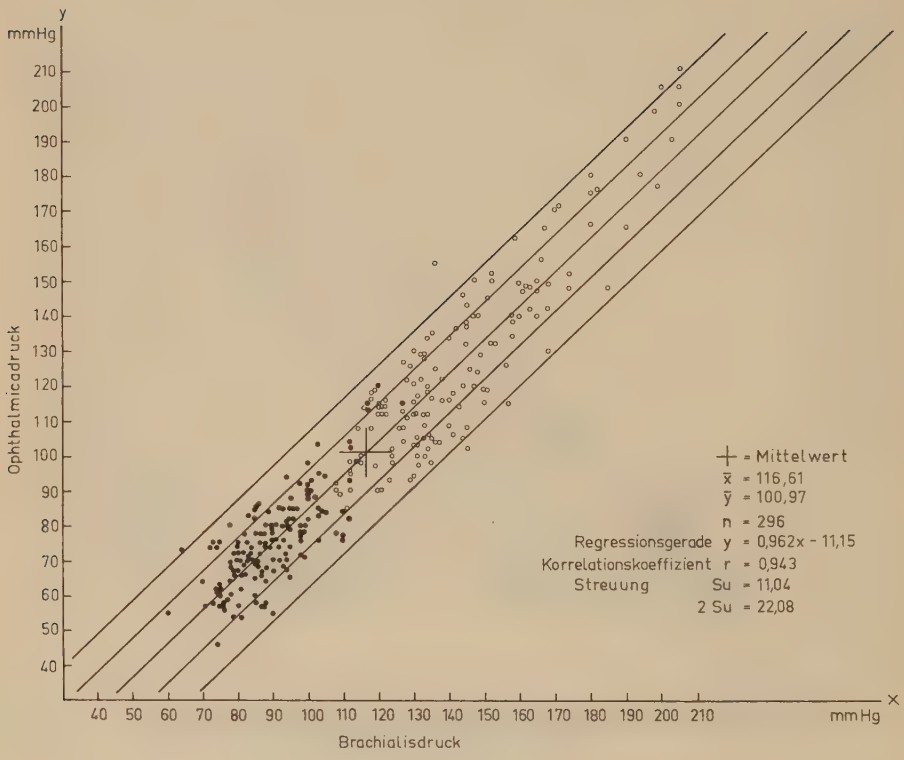


Abb. 14 Gemeinsame Darstellung der systolischen und diastolischen Blutdruckwerte im Sitzen

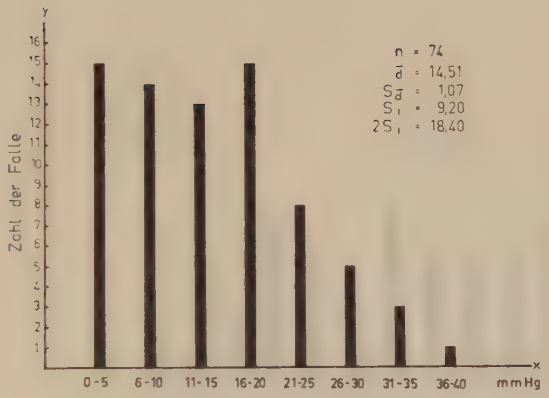


Abb. 15a Verteilung des Blutdruckabfalles vom Liegen zum Sitzen bei relativer cerebraler Normotonie, systolisch

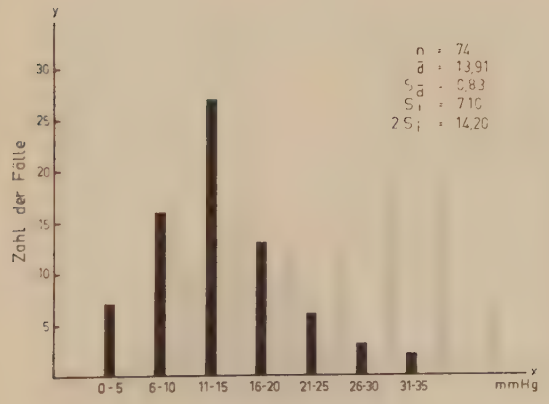


Abb. 15b Verteilung des Blutdruckabfalls vom Liegen zum Sitzen bei relativer cerebraler Normotonie, diastolisch

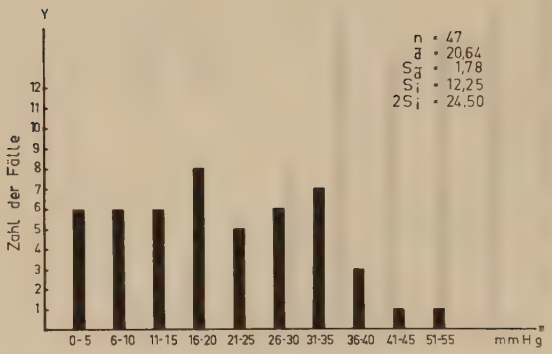


Abb. 16a Verteilung des Blutdruckabfalls vom Liegen zum Sitzen bei relativer cerebraler Hypertonie, systolisch

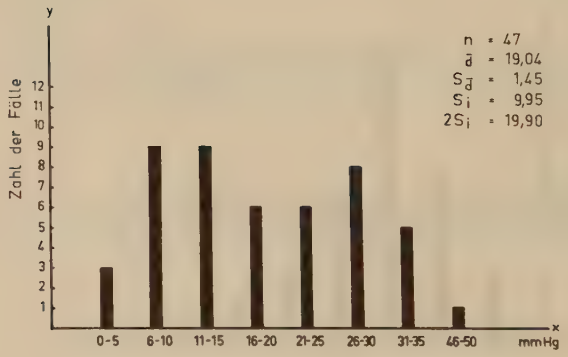


Abb. 16b Verteilung des Blutdruckabfalls vom Liegen zum Sitzen bei relativer cerebraler Hypertonie, diastolisch

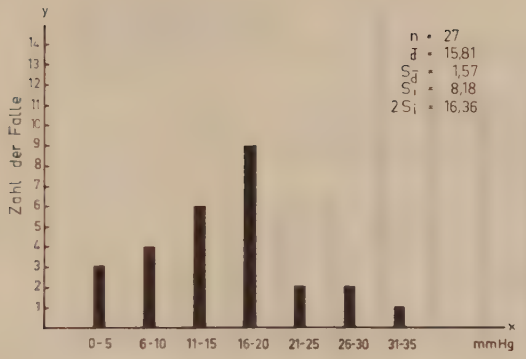


Abb. 17a Verteilung des Blutdruckabfalls vom Liegen zum Sitzen bei relativer cerebraler Hypotonie, systolisch

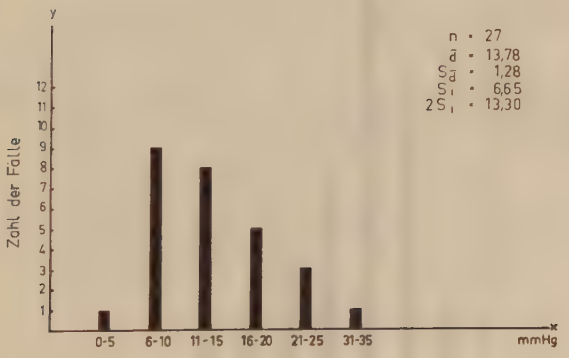


Abb. 17b Verteilung des Blutdruckabfalls vom Liegen zum Sitzen bei relativer cerebraler Hypotonie, diastolisch

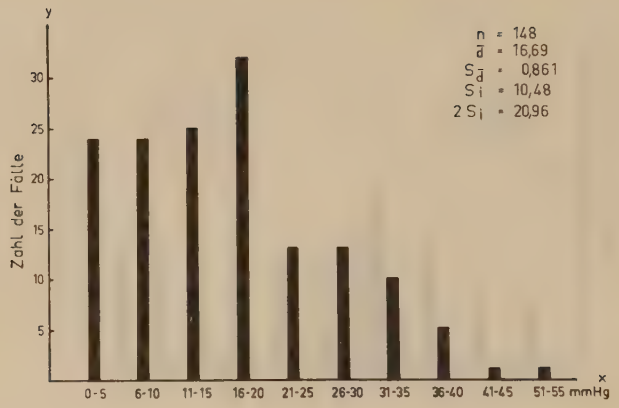


Abb. 18a Verteilung des Blutdruckabfalls vom Liegen zum Sitzen bei relativer cerebraler Normo- Hyper- und Hypotonie, systolisch

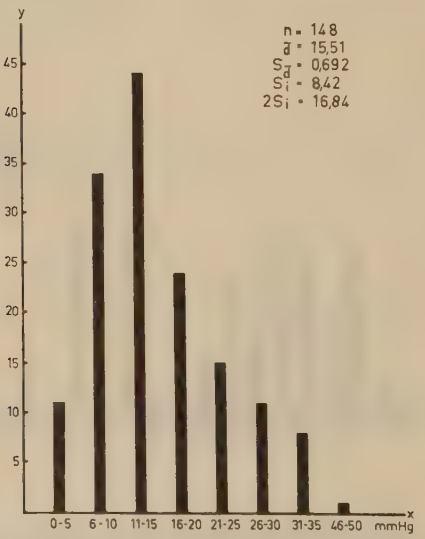


Abb. 18b Verteilung des Blutdruckabfalls vom Liegen zum Sitzen bei relativer cerebraler Normo- Hyper- und Hypotonie, diast.

## Literaturverzeichnis

BRECHT,K. und BARBEY,K.: Die Gefäßoszillographie und ihre Bedeutung für die Erkennung von Durchblutungsstörungen.
3. Freiburger Colloquium über Kreislaufmessungen, 1961

BARBEY,K.: Experimentelle Untersuchungen über Kreislaufregulation am Menschen. Ein Beitrag für die Beurteilung orthostatischer Regulationsstörungen.
Habilitationsschrift Tübingen 1960

BERNSMEIER,A.: Durchblutung des Gehirns. In Physiologie und pathophysiologie des vegetativen Nervensystems II, 607-640. Herausgegeben von MONNIER,M.
Stuttgart: Hippokrates 1963

FREUDENBERG,K.: Grundriss der medizinischen Statistik.
Friedr.-Karl Schattauer Verlag, Stuttgart 1962

GOTTSTEIN,U.: Physiologie und Pathophysiologie des Hirnkreislaufes.
Med. Welt I, 715-726 (1965)

HAGER,H.: Untersuchung des Gehirnkreislaufs durch die Ophthalmodynamographie.
Med. Welt I, 995-1004 (1963)

Ders.: Die Ophthalmodynamographie als Methode zur Beurteilung des Gehirnkreislaufes.
Klin.Mbl. Augenhk. 142, 827-846 (1963)

Ders.: Diagnostische Möglichkeiten der Ophthalmodynamographie.
Wien.Med.Wschr. 39, 795-799 (1966)

HAGER,H. und G.HORCH: Die Beziehungen zwischen dem dynamographisch gemessenen Ophthalmicadruck und dem synchron registrierten Brachialisdruck.
DOG Heidelberg 65, 367-371 (1963)

HORCH,G.: Normwerte des dynamographisch gemessenen Ophthalmicadruckes.
Inaugural-Dissertation Tübingen 1966

LINK,U.: Beziehungen des dynamometrisch und dynamographisch gemessenen Ophthalmicadruckes zum auskultierten Oberarmblutdruck.
Inaugural-Dissertation Tübingen 1963

MECHELKE,K.: Herz- und Kreislaufregulationen.
In Physiologie und Pathophysiologie des vegetativen Nervensystems II, 51-163. Herausgegeben von MONNIER,M.
Stuttgart: Hippokrates 1963

SCHELLONG,F. und B. LÜDERITZ: Regulationsprüfung des Kreislaufes.
Kreislauf-Bücherei Bd.2, Steinkopff-Verlag, Darmstadt 1954

TISSOT,R. und M.MONNIER: Der Blutkreislauf im Gehirn und seine Regulierung. In Physiologie und Pathophysiologie des vegetativen Nervensystems I, 360-396. Herausgegeben von MONNIER,M.
Stuttgart: Hippokrates 1963

VAN CITTERS,R.L.: Science, Vol. 152, 384-386 (1966)

WEBER,E.: Grundriss der Biologischen Statistik.
VEB Gustav Fischer Verlag - Jena 1957

## Lebenslauf

Am 1. März 1943 wurde ich, Doris Richter, als Tochter des Heilpraktikers Emil Richter und seiner Ehefrau Berta, geb. Uber, in Freudenstadt geboren.

Von 1949 bis 1953 besuchte ich die Volksschule und von 1953 bis 1959 die Mädchen-Mittelschule in Freudenstadt. Anschließend wechselte ich im April 1959 auf das Realgymnasium der Diakonissenanstalt in Neuendettelsau über und legte dort am 18. Juli 1962 die Reifeprüfung ab.

Im Wintersemester 1962/63 begann ich das Medizinstudium in Tübingen, wo ich im Oktober 1963 das Vorphysikum und im Oktober 1965 das Physikum bestand. Meine weiteren klinischen Semester verbrachte ich ebenfalls an der Universität Tübingen.

Am 17. Februar 1969 schloß ich mein Medizinstudium mit dem Staatsexamen ab.